

مقاله علمی-پژوهشی

## اثر توأم سطوح مختلف آبیاری و عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان دار بر بهره‌وری آب کاربردی کلزا

نادر کوهی چله‌کران<sup>۱\*</sup>، حمید نجفی‌نژاد<sup>۲</sup>، و الهه کنعانی<sup>۳</sup>، غزل دهقانی سانج<sup>۴</sup>

### چکیده

هدف از این طرح بررسی تأثیر توأم سطوح مختلف آبیاری و عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان دار بر بهره‌وری آب کلزا رقم اُکاپی (Okapi) بود. این طرح به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار و به مدت ۲ سال (۱۳۹۷-۱۳۹۹) در ایستگاه شهید زنده روح چوپار کرمان اجرا گردید. تیمارهای آبیاری شامل سه رژیم آبیاری ( $I_1=100$ ،  $I_2=75$  و  $I_3=50$ ) به عنوان فاکتور اصلی و دو عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان دار زیرسطحی ( $D_1=30$  و  $D_2=40$  سانتی‌متری) به عنوان فاکتور فرعی بود. نتایج نشان داد که تأثیر سطوح مختلف آبیاری در همه صفات موردبررسی در کلزا (عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد غلاف، طول غلاف، تعداد شاخه فرعی) و بهره‌وری آب معنی‌داری بود ( $P < 0.01$ ). افزایش عمق لوله قطره‌چکان دار تأثیر منفی در عملکرد و اجزای عملکرد کلزا و بهره‌وری آب به همراه داشت، به طوری که بیشترین میزان هر کدام از صفات نامبرده در عمق کمتر ( $D_1=30$  سانتی‌متر) مشاهده شد. نتایج به دست آمده در هر دو سال پژوهش نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بیشترین عملکرد را در بین تیمارهای سطوح مختلف آبیاری به خود اختصاص داد. اختلاف‌های ۲۱ و ۵۹ درصدی در سال اول و ۲۲ و ۵۸/۸ درصدی در سال دوم بین تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گویای این برتری بود. بیشترین بهره‌وری آب در هر کدام از اعماق کارگذاری لوله قطره‌چکان دار به تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی اختصاص یافت. به نظر می‌رسد علی‌رغم کاربرد کمتر حجم آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، عملکرد حاصل شده از این تیمار باعث بالا رفتن بهره‌وری آب نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی شد.

**واژه‌های کلیدی:** آب کاربردی، بهره‌وری آب، عملکرد کلزا، قطره‌ای زیرسطحی، کم آبیاری

### مقدمه

از اقلام مهم تغذیه دام، طیور و آبزیان به شمار می‌رود. کلزا به دلیل دارا بودن ارقام و گونه‌های مختلف با خصوصیات متفاوت، قابلیت کشت در مناطق مختلف و شرایط آب‌وهوایی متنوع را دارد، به طوری که امروزه در سطوح وسیعی از مناطق گرم و معتدل هندوستان و چین در آسیا تا نقاط سرد و ارتفاعات بالا کشت می‌شود. در ایران نیز این زراعت به عنوان زراعتی امیدبخش در افزایش تولید روغن خوراکی و کاهش واردات روغن موردتوجه قرار گرفته است (عزیزی و یادگار، ۱۳۸۰). عملکرد دانه و روغن کلزا تحت تأثیر ژنوتیپ گیاه، عوامل زراعی و عوامل محیطی است (شیرانی راد، ۱۳۷۴). از میان این عوامل در کشور، آب از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در کشاورزی به

دانه های روغنی بعد از غلات به عنوان دومین منبع تولید انرژی در تغذیه انسان مطرح می‌باشند. از طرفی کنجاله حاصل از فرایند صنعتی آن‌ها نیز به لحاظ سرشار بودن از پروتئین یکی

<sup>۱</sup> استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

(\*) نویسنده مسئول: (Email: nakch71@yahoo.com)

<sup>۲</sup> دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، البرز، ایران

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشگاه بین‌الملل امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

<sup>۴</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۲

در کشور تونس به منظور بررسی عملکرد گیاه ذرت را تحت دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در دو عمق ۲۰ و ۳۵ سانتی‌متری خطوط قطره‌چکان در یک خاک رسی شنی مورد ارزیابی قرار گرفت حاکی از افزایش عملکرد ۱۹ و ۳۰ درصدی به ترتیب برای دو عمق ۲۰ و ۳۵ سانتی‌متری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بود ( Douh and B oujelben, 2011).

در تحقیق دیگری در سائوپائولوی برزیل، اثر آبیاری و کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن در روش دیم و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی عملکرد ساقه و شکر در راتون نیشکر مورد بررسی قرار گرفت. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی فاصله قطره‌چکان‌ها ۵۰ سانتی‌متر، دبی قطره‌چکان‌ها یک لیتر در ساعت و لاترال‌ها در عمق ۲۵ سانتی‌متر قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در راتون نیشکر تحت سامانه آبیاری قطره‌ای زیر-سطحی بیشترین بازده شکر حاصل شد (Uribe et al., 2013). همچنین افزایش عملکرد ۳۳ و ۳۸ درصدی عملکرد ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با سیستم قطره‌ای سطحی در یک خاک لوم رسی شنی در عمق خطوط قطره-چکان ۲۰ سانتی‌متر در کشور مصر گزارش شد ( Abuarab et al., 2013). دهقانی‌سانج (۱۳۹۲) در تحقیقی مشابه در منطقه کرج بالاتر بودن عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم قطره‌ای سطحی به گزارش کرد و سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را برای مدیریت بهینه آبیاری در مزارع ذرت توصیه کرد. دوسانتوس و همکاران نیز به بررسی عمق کارگذاری لاترال‌ها در سامانه آبیاری قطره‌ای در دو عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری برای گیاه نیشکر پرداختند و نشان دادند که عمق نصب ۲۰ سانتی‌متر بالاترین بهره‌وری آب را داشت (Dos Santos et al., 2016). لئوناردو و همکاران باهدف ارزیابی میزان ذخیره آب در خاک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در دو عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها و دو نوع آب فاضلاب تصفیه‌شده و آب شیرین بر روی گیاه نیشکر در برزیل، پژوهشی انجام دادند و نشان دادند که نصب لوله قطره‌چکان دار در عمق ۲۰ سانتی‌متری، باعث

شمار می‌رود، به نحوی که تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار را منوط به استفاده‌ی صحیح و منطقی از این عامل نموده است. با توجه به وضعیت منابع آب در کشور و نیاز رشد افزون جمعیت باید نسبت به افزایش عملکرد گیاه کلزا و بهبود بهره‌وری آب تمهیدات مناسبی در نظر گرفته شود. استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، از جمله راهکارهای کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد گیاه و بهره‌وری آب در کشاورزی می‌باشد (اخوان، ۱۳۹۴؛ Cetin and Bilget, 2002; Albasha et al., 2015; Ayars et al., 2015; Lamm, 2016). در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی آب به طور مستقیم در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد و تلفات تبخیر و رواناب را به حداقل ممکن می‌رسد (دهقانی‌سانج و همکاران، ۱۳۹۵؛ Suarez et al., 2006؛ Palacios – Diaz et al., 2009؛ Kosari et al., 2013). با توجه به این مهم، تعیین نحوه کارگذاری لاترال‌ها و قطره‌چکان‌ها در اطراف ریشه گیاهان به عنوان یکی از دغدغه‌های این سامانه به شمار می‌رود. استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری برای محصولات زراعی در سال‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است و تحقیقات مختلفی در این زمینه در ایران و نقاط مختلف جهان صورت گرفته است. از جمله تحقیقات صورت گرفته می‌توان به تحقیق صدقاتی و همکاران (۱۳۹۱) اشاره کرد که به بررسی کارگذاری دو عمق نصب ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر لوله‌های قطره‌چکان دار زیرسطحی در گیاه پسته پرداختند. نتایج این محققان حاکی از افزایش بهره‌وری آب در عمق ۳۰ سانتی‌متر نسبت به عمق ۵۰ سانتی‌متر بود. در تحقیقی عملکرد بامیه تابستانی تحت تأثیر اعماق مختلف لوله‌های آبدار مورد بررسی قرار گرفت و نتایج بیانگر این بود که عمق کارگذاری ۱۵ سانتی‌متر، نسبت به دو عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر، اثر بیشتری بر افزایش عملکرد این گیاه داشت. در تحقیقی دیگر نیز به بررسی اثر اعماق مختلف لوله‌های قطره‌چکان دار بر عملکرد کاهو پرداخته شد و نشان داده شد که بیشترین عملکرد کاهو در عمق آبیاری ۱۰ سانتی‌متر به دست آمد ( Bozkurt and Mansoroglu, 2011). در پژوهش دیگری که در سال ۲۰۱۱

هواشناسی سینوپتیک کرمان در ۱۵ کیلومتری محل آزمایش، اخذ شد. جهت تعیین خصوصیات خاک نمونه‌گیری از اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰، ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متری خاک انجام شد که در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به این جدول، بافت خاک درشت تا متوسط و تغییرات بافت خاک در عمق‌های مختلف ناچیز و خاک تقریباً دارای بافت ثابتی (بافت شنی لومی) می‌باشد. نمونه‌برداری‌هایی نیز جهت تعیین خصوصیات شیمیایی آب به لحاظ بررسی کل مواد محلول در آب انجام گردید که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. پژوهش حاضر به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جوپار به مدت ۳ سال زراعی اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل سه سطح آبیاری ( $I_1=100$ ،  $I_2=75$  و  $I_3=50$  درصد نیاز آبی) به‌عنوان فاکتور اصلی و دو عمق لوله‌های قطره‌چکان دار زیرسطحی ( $D_1=30$  و  $D_2=40$  سانتی‌متری) به‌عنوان فاکتور فرعی بود. لوله‌های آبیاری قطره‌ای به کارگرفته شده در طرح از نوع لوله‌های قطره‌چکان دار زیرسطحی با قطره‌چکان‌های داخل خط ساخت کارخانه ایران درپ بود که با فشار کاری ۶ اتمسفر و دبی خروجی ۴ لیتر در ساعت کار می‌کرد. عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل شهریورماه صورت گرفت. دور آبیاری برای گیاه کلزا در ماه‌های گرم ۳ روز و در ماه‌های سرد تا ۵ روز (با توجه به نیاز آبی کم گیاه کلزا) در نظر گرفته شد. عرض هر کرت ۳ متر و طول هر کرت ۵ متر بود. کل کرت‌های آزمایشی با احتساب تکرارها برابر با ۱۸ کرت بود. در شکل (۱) نمایی از طرح پژوهشی ارائه شده است.

توزیع بهتر آب در منطقه توسعه ریشه و کاهش تلفات تبخیر و نفوذ عمقی شده و کیفیت آب تأثیری در توزیع آب در خاک ندارد (Leonardo et al., 2016). با توجه به نرخ رشد جمعیت و چالش‌های خشک‌سالی در حال و آینده و رقابت سایر بخش‌ها برای منابع آب، کاربرد سامانه‌های آبیاری با کارایی مصرف آب بالاتر از راهکارهای مؤثر در جهت پایداری توسعه در بخش کشاورزی می‌باشد. در بخش کشاورزی، مدیریت آبیاری مزارع و استفاده از روش‌های آبیاری با بازده آبیاری بالاتر باهدف پایداری و افزایش عملکرد ضروری است. به همین دلیل نیاز است تا توجه بیشتری به افزایش بهره‌وری آب و افزایش عملکرد جهت تأمین نیاز غذایی جمعیت روزافزون شود. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر توأم سطوح مختلف آبیاری و عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان دار بر بهره‌وری آب کلزا در استان کرمان بود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹ در ایستگاه شهید زنده روح جوپار متعلق به مرکز تحقیقات و منابع طبیعی استان کرمان با مختصات جغرافیایی  $26^{\circ}29'$  تا  $31^{\circ}58'$  عرض شمالی و بین  $54^{\circ}21'$  تا  $59^{\circ}34'$  طول شرقی و ارتفاع ۱۷۴۹ متری از سطح دریا انجام شد. بنا بر اطلاعات ایستگاه هواشناسی کرمان، این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های معتدل است. داده‌های هواشناسی موردنیاز شامل دمای حداقل و حداکثر، مقدار بارندگی، سرعت باد و ساعات آفتابی از ایستگاه

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

pH	EC	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	CL <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	رس	سیلت	شن	عمق خاک
	(دسی‌زیمنس بر متر)			(میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)				درصد	درصد	درصد	(سانتی‌متر)
۸	۱/۸۵	۱۰	۱۰	۵/۲۱	۸	۲/۸	۸/۶۳	۶	۸	۸۶	۰-۳۰
۷/۵۹	۰/۸	۶	۴	۴/۷۸	۴	۴	۷/۹	۱۰	۹	۸۱	۳۰-۶۰
۶/۵۳	۰/۷۸	۴	۱۰	۴/۹۳	۲	۴	۵/۵۲	۹	۱۱	۸۰	۶۰-۹۰

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در طرح

pH	EC	آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)					کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)				
		(دسی‌زیمنس بر متر)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Fe <sup>++</sup>
۷/۹	۰/۶۳	-	۳/۲	۲	۱/۶	۲/۴	۱/۴	-	۳/۲	۰/۰۷۸	۰/۰۱۴

استفاده از دستورالعمل نشریه فائو ۵۶ (Allen et al., 1998)، تبخیر و تعرق گیاه (ET<sub>c</sub>) مطابق رابطه (۱) به دست آمد.

$$ET_c = T_o \times K_c \quad (1)$$

در این رابطه ET<sub>c</sub>: تبخیر و تعرق روزانه گیاه (میلی‌متر بر روز)، ET<sub>o</sub>: تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر بر روز)، K<sub>c</sub>: ضریب گیاهی روزانه ذرت در دوره‌های مختلف رشد برای منطقه کرمان با استفاده از دستورالعمل نشریه شماره ۵۶ فائو (Allen et al., 1998) تعیین شد (جدول ۳).

جدول ۳- ضریب گیاهی کلزا در مراحل مختلف رشد

مراحل رشد	پایانی		اولیه
	پایانی	میانی	۰/۳۵
مراحل رشد	۰/۳۵	۱/۱-۱/۱۵*	۰/۳۵

\*مقادیر کوچک‌تر برای گیاهان دیم غیر-متراکم است (Allen et al., 1998)

عمق خالص آب آبیاری (dn) بر اساس ET<sub>c</sub> و با احتساب سطح سایه‌انداز و دور آبیاری محاسبه شد. عمق ناخالص آبیاری (dg) برحسب (میلی‌متر) از رابطه‌ی (۲) به دست آمد.

$$dg = \frac{dn}{Ea} \quad (2)$$

مقدار راندمان آبیاری مورد انتظار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۹۵ درصد تعیین و در محاسبه عمق ناخالص آبیاری اعمال شد. حجم آب ورودی به کرت‌ها با استفاده از کنتور حجمی کنترل گردید.

به‌منظور ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد صفات گیاهی کلزا رقم اُکاپی (Okapi) شامل عملکرد دانه، وزن هزار دانه،



شکل ۱- نمایی از طرح پژوهشی انجام‌شده

برای محاسبه حجم آب آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای، تبخیر - تعرق پتانسیل (ET<sub>o</sub>) با استفاده از اطلاعات روزانه ایستگاه هواشناسی استان کرمان و با روش فائو پنمن - منتیث (PM) تعیین گردید (Allen et al., 1998)، سپس با استفاده از ضریب گیاهی (K<sub>c</sub>) کلزا اصلاح‌شده برای منطقه کرمان با

### بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و عمق لوله‌های

#### قطره‌چکان‌دار بر عملکرد کلزا و بهره‌وری آب

نتایج نشان داد که اثر مستقل سطوح مختلف آبیاری بر میزان عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت. عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار بر عملکرد کلزا و بهره‌وری آب در سطح ۵ درصد، وزن هزار دانه و شاخه فرعی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت و بر تعداد غلاف و طول غلاف اختلاف معنی‌دار نداشت. همچنین اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار نیز بر میزان عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب اختلاف معنی‌دار نداشت. تأثیر سال در اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار بر میزان عملکرد، اجزای عملکرد کلزا و بهره‌وری آب نیز اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

تعداد غلاف، طول غلاف، تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف، طول غلاف، تعداد شاخه فرعی اندازه‌گیری شد. بهره‌وری آب (WP) با استفاده از رابطه (۳) به دست آمد (Sakthivadivel et al., 1999).

$$WUE = \frac{Y}{I} \quad (3)$$

که در این رابطه، Y: کل عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) و I: کل آب مصرف‌شده یا کاربردی (مترمکعب بر هکتار) است.

به‌منظور آنالیزهای آماری و همچنین مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی و فرعی از نرم‌افزار MSTATC استفاده گردید.

### نتایج و بحث

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب خصوصیات اندازه‌گیری شده گیاه کلزا و بهره‌وری آب

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	وزن هزار دانه	تعداد غلاف	طول غلاف	تعداد شاخه فرعی	بهره‌وری آب
سال	۱	۱۸۸۲۴۸/۹۶**	۲/۶۶۷**	۷۱۱/۱۱**	۱/۳۲۶**	۰/۸۷۱**	۰/۰۰۰۷**
تکرار (سال)	۴	۸۹۴۱/۴۴	۰/۰۲۹	۵۸/۳۶	۰/۰۳۱	۰/۰۳۴	۰/۰۰۱
سطوح مختلف آبیاری	۲	۷۸۸۵۳۳۲/۰۹**	۱۲/۰۳**	۹۱۲۰/۱**	۶/۵۵۹**	۱۶/۱۵۱**	۰/۰۰۷**
سال × سطوح مختلف آبیاری	۲	۱۴۵۱۲/۲۱*	۰/۲۲۷ ns	۲۹/۷۷ ns	۰/۰۳۷ ns	۰/۰۴۷ ns	۰/۰۰۰۶ ns
تکرار × سطوح مختلف آبیاری (سال)	۸	۳۴۷۳/۳۸	۰/۰۸۹	۴۷/۷۷	۰/۰۴۹	۰/۰۳۷	۰/۰۰۰۷
عمق لوله قطره‌چکان‌دار	۱	۱۵۸۶۵/۹۳*	۰/۶۹۴**	۲۵/۰ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۳۶**	۰/۰۰۱۸*
سطوح مختلف آبیاری × عمق لوله قطره‌چکان‌دار	۲	۱۷۴۱/۱۷ ns	۰/۰۹۶ ns	۷/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱۸ ns	۰/۰۱۵ ns	۰/۰۰۰ ns
سال × عمق لوله قطره‌چکان‌دار	۱	۱۰۳۰/۸۴ ns	۰/۰۷۱ ns	۴/۰۰۶ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۰ ns
سال × سطوح مختلف آبیاری × عمق لوله قطره‌چکان‌دار	۲	۳۹/۳۳ ns	۰/۰۸۵ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۰ ns
خطا	۱۲	۳۴۵۸/۸۹	۰/۰۶۹	۳۴/۰۸	۰/۰۱۵	۰/۰۳۷	۰/۰۰۰۴۹

آنالیز قرار گرفت که در جداول ۵ و ۶ به آن‌ها اشاره شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد در هر دو سال اثر سطوح مختلف

با توجه به معنی‌دار شدن اثر سال آزمایش بر روی بیشتر صفات، تجزیه واریانس تیمارها را به صورت سال به سال نیز مورد

در دو صفات وزن هزار دانه و تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد در صورتی که در سال دوم فقط بر وزن هزار دانه کلزا در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار گردید.

آبیاری بر کلیه صفات عملکرد و اجزای عملکرد کلزا و نیز بر بهره‌وری آب در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. تیمار عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در سال اول در دو تیمار عملکرد کلزا و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۵ درصد و

جدول ۵- تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده گیاه کلزا و بهره‌وری آب در سال اول پژوهش (۱۳۹۷-۱۳۹۸)

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	وزن هزار دانه	تعداد غلاف	طول غلاف	تعداد شاخه فرعی	بهره‌وری آب
تکرار	۲	۱۳۳۸۶/۸	۰/۰۰۴	۶۳/۱۶	۰/۰۳۶	۰/۰۶	۰/۰۰۱۵
سطوح مختلف آبیاری	۲	۴۲۷۰۵۴/۵۶**	۷/۷۵**	۵۰۱۹/۵**	۳/۷۱**	۸/۸۹**	۰/۰۳۷**
تکرار در سطوح مختلف آبیاری	۴	۲۸۵۳/۲۲	۰/۰۰۵	۳۴/۶۶	۰/۰۴۳	۰/۰۲	۰/۰۰۰۴
عمق لوله قطره‌چکان‌دار	۱	۱۲۴۹۲/۵۳*	۰/۱۶**	۲۴/۵۰ ns	۰/۰۰۸ ns	۰/۲۴۵**	۰/۰۰۱۴*
سطوح مختلف آبیاری در عمق لوله قطره‌چکان‌دار	۲	۱۰۵۸/۶۱ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۳/۵۰ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۰ ns
خطا	۶	۳۱۶۶/۷۶	۰/۰۶۹	۳۴/۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۳۷	۰/۰۰۰۴۹

جدول ۶- تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده گیاه کلزا و بهره‌وری آب در سال دوم پژوهش (۱۳۹۸-۱۳۹۹)

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	وزن هزار دانه	تعداد غلاف	طول غلاف	تعداد شاخه فرعی	بهره‌وری آب
تکرار	۲	۴۴۹۶/۰۷۱	۰/۰۵۵	۵۳/۵۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۶
سطوح مختلف آبیاری	۲	۳۶۲۹۲۹۳/۷**	۴/۵**	۴۱۳۰/۳۸**	۲/۸۷**	۷/۳۰**	۰/۰۳۳**
تکرار در سطوح مختلف آبیاری	۴	۴۰۹۳/۵۳	۰/۱۷۳	۶۰/۸۸	۰/۰۵۵	۰/۰۴۶	۰/۰۰۱
عمق لوله قطره‌چکان‌دار	۱	۴۴۰۴/۲۳ ns	۰/۶۰۵*	۴/۵۰ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۱۲۵ ns	۰/۰۰۰۵ ns
سطوح مختلف آبیاری در عمق لوله قطره‌چکان‌دار	۲	۷۲۱/۸۷ ns	۰/۱۸۱ ns	۳/۵۰ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۰۰ ns
خطا	۶	۳۷۵۱/۰۱	۰/۰۶۹	۳۴/۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۳۷	۰/۰۰۰۴۹

رشد محصول وجود دارد. اکثر فرآیندهایی که در گیاه صورت می‌گیرد، چه به صورت مستقیم و چه غیرمستقیم به وجود آب بستگی دارد.

همچنین کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها، اختلال در فتوسنتز و جریان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی نیز باعث کاهش وزن دانه‌ها می‌شود (کوهی و همکاران، ۱۳۹۹، Sander et al., 2004).

نتایج مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری بر میزان عملکرد و اجزای کلزا در سال اول نشان داد که بالاترین میزان عملکرد با مقدار ۲۸۱۰/۵ کیلوگرم در هکتار به تیمارهای I<sub>1</sub> اختصاص یافت (جدول ۷). بالاترین وزن هزار دانه (۶/۵۶ گرم) در تیمار I<sub>1</sub> و کمترین مقدار آن (۴/۳۳ گرم) در تیمار I<sub>3</sub> حاصل شد. یافته‌های دیگر محققان نیز نشان داد که رابطه مستقیمی بین کاهش محصول و کاهش آب موردنیاز گیاه در کلیه مراحل

اجزای عملکرد کلزا و نیز بهره‌وری آب داشت، به طوری که بیشترین میزان هرکدام از صفات نامبرده در عمق D<sub>1</sub> (۳۰ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۸)

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تیمارهای عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر روی صفت عملکرد کلزا در هر دو سال آزمایشی داشتند. با این حال بر اساس آزمون دانکن به علت تفاوت کم، هر دو تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند. این موضوع بیانگر این است که اختلاف ۱۰ سانتی‌متری در استقرار لوله‌ها در عمق خاک با توجه به بافت نیمه سنگین خاک تفاوت زیادی در عملکرد کلزا نداشته است.

بیشترین تعداد غلاف (۱۵۲/۵) در تیمار I<sub>1</sub> به‌دست آمد و کمترین آن (۹۶/۰) مربوط به تیمار I<sub>3</sub> بود. همچنین بیشترین طول غلاف (۶/۲۳ سانتی‌متر) و تعداد شاخه فرعی (۵/۵۵) در تیمار I<sub>1</sub> و کمترین طول غلاف (۴/۷۰ سانتی‌متر) و تعداد شاخه فرعی (۳/۱۳) در تیمار I<sub>3</sub> به‌دست آمد. بیشترین میزان بهره‌وری آب (۰/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار آبیاری I<sub>1</sub> مربوط به ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد و کمترین آن (۰/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار I<sub>3</sub> بود (جدول ۷).

همچنین تیمار عمق مختلف لوله‌های قطره‌چکان دار نیز تأثیر معنی‌داری بر تمام صفات (به‌جز تعداد غلاف) داشت. افزایش عمق لوله قطره‌چکان دار تأثیر منفی در عملکرد و

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری در سال اول پژوهش (۱۳۹۷-۱۳۹۸)

تیمارها	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد غلاف	طول غلاف (سانتی‌متر)	تعداد شاخه فرعی (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب
I <sub>1</sub>	۲۸۱۰/۰۵ a	۶/۵۶ a	۱۵۲/۵۰ a	۶/۲۳ a	۵/۵۵ a	۰/۶۷ a
I <sub>2</sub>	۲۲۰۸/۹۷b	۵/۸۱ b	۱۳۵/۰ b	۵/۸۰ b	۴/۶۰ b	۰/۶۹ a
I <sub>3</sub>	۱۱۴۴/۱۲ c	۴/۳۳ c	۹۶/۰ c	۴/۷۰ c	۳/۱۳ c	۰/۵۴ b

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر عمق‌های مختلف کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در سال اول پژوهش

(۱۳۹۷-۱۳۹۸)

تیمارها	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد شاخه فرعی	بهره‌وری آب
D <sub>1</sub>	۲۰۸۰/۷۲ a	۵/۶۶ a	۴/۵۴ a	۰/۶۴ a
D <sub>2</sub>	۲۰۲۸/۰۳ a	۵/۴۷ b	۴/۳۱ b	۰/۶۲ a

شد.

بیشترین تعداد غلاف (۱۴۲/۵) در تیمار I<sub>1</sub> به‌دست آمد و کمترین آن (۹۰/۶۶) مربوط به تیمار I<sub>3</sub> بود. همچنین بیشترین طول غلاف (۵/۸۱ سانتی‌متر) و تعداد شاخه فرعی (۵/۱۶) در تیمار I<sub>1</sub> و کمترین طول غلاف (۴/۴۴ سانتی‌متر) و تعداد شاخه

نتایج مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری بر میزان عملکرد و اجزای کلزا در سال دوم نشان داد که بالاترین میزان عملکرد با مقدار ۲۶۲۱/۶۵ کیلوگرم در هکتار به تیمارهای I<sub>1</sub> اختصاص یافت (جدول ۹). بالاترین وزن هزار دانه (۵/۷۵ گرم) در تیمار I<sub>1</sub> و کمترین مقدار آن (۴/۰۶ گرم) در تیمار I<sub>3</sub> حاصل

عملکرد کلزا نداشت. مشابه با این تحقیق صداقتی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی چهارساله، سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با دو عمق کارگذاری ۳۰ و ۵۰ سانتیمتری و با سه تیمار آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی درختان پسته در روش آبیاری سطحی را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتیمتر و میزان ۶۰ درصد نیاز آبی بهترین عملکرد را در میزان بهره‌وری آب و الگوی توزیع شوری را داشت. لئوناردو و همکاران نیز گزارش کردند که نصب لوله قطره‌چکان دار در عمق ۲۰ سانتی متری، باعث توزیع بهتر آب در منطقه توسعه ریشه و کاهش تلفات تبخیر و نفوذ عمقی می‌شود (Leonardo et al., 2016).

فرعی (۲/۹۶) در تیمار I<sub>3</sub> به دست آمد. در سال دوم طول غلاف اندکی کاهش داشت که اختلاف ۶/۷ و ۵/۵ درصدی بین بیشترین و کمترین مقادیر نسبت به سال اول آزمایش مشاهده شد. بیشترین میزان بهره‌وری آب (۰/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار آبیاری I<sub>2</sub> مربوط به ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد و کمترین آن (۰/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار I<sub>3</sub> مربوط به ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۹). همچنین تیمار عمق مختلف لوله‌های قطره‌چکان دار نیز تنها بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری داشت. افزایش عمق لوله قطره‌چکان دار تأثیر منفی بر وزن هزار دانه داشت، به طوری که بیشترین وزن هزار دانه در عمق D<sub>1</sub> (۳۰ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۱۰). اختلاف ۱۰ سانتی‌متری در استقرار لوله‌های قطره‌چکان دار در عمق خاک با توجه به بافت نیمه سنگین خاک تفاوت زیادی در

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای سطوح مختلف آبیاری در سال دوم پژوهش (۱۳۹۸-۱۳۹۹)

تیمارها	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد غلاف	طول غلاف (سانتیمتر)	تعداد شاخه بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
I <sub>۱</sub>	۲۶۲۱/۶۵ a	۵/۷۵ a	۱۴۲/۵۰ a	۵/۸۱ a	۰/۶۵ a
I <sub>۲</sub>	۲۰۲۷/۹۲ b	۵/۲۶ b	۱۲۳/۶۶ b	۵/۳۲ b	۰/۶۸ a
I <sub>۳</sub>	۱۰۷۹/۶۹ c	۴/۰۶ c	۹۰/۶۶ c	۴/۴۴ c	۰/۵۴ b

جدول ۱۰- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر عمق‌های مختلف لوله قطره‌چکان دار در سال دوم پژوهش (۱۳۹۹-۱۳۹۸)

(۱۳۹۸)

تیمارها	وزن هزار دانه (گرم)
D <sub>1</sub>	۵/۲ a
D <sub>2</sub>	۴/۹ b

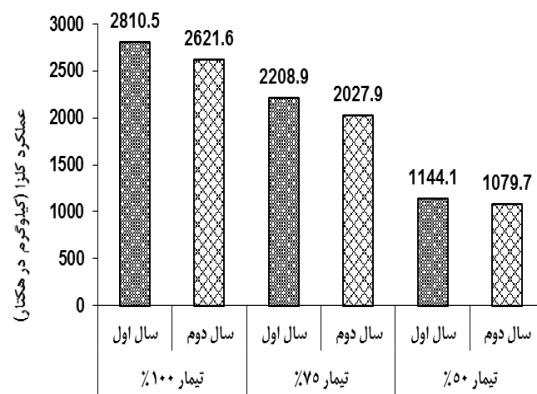
اختلاف‌های ۲۱ و ۵۹ درصدی در سال اول و ۲۲ و ۵۸/۸ درصدی در سال دوم بین تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گویای این برتری می‌باشد (شکل ۲).

نتایج به دست آمده در هر دو سال پژوهش نشان داد که تیمارهای مختلف سطوح آبیاری اثر معنی‌داری بر روی عملکرد کلزا داشتند، به طوری که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بیشترین عملکرد را در بین تیمارهای رژیم‌های مختلف آبیاری داشت.



کاهش مقدار آب و دمای هوا باعث کاهش مقادیر صفات فوق در بین تیمارها در دو سال آزمایش گردیده است. عمق لوله قطره‌چکان دار ۳۰ سانتی‌متری با اندکی اختلاف (۳/۳ درصد) در سال اول و (۷/۱ درصد) در سال دوم بهترین تیمار بوده است. از سویی بین دو سال آزمایش در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی شاهد اختلاف ۷/۹ درصدی می‌باشیم.

در جداول ۱۱ و ۱۲ به ترتیب مقادیر متوسط حجم آب آبیاری و کارایی مصرف آب برای تیمارهای مختلف ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین حجم آب کاربردی مربوط به تیمار I<sub>1</sub> مربوط به ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین آن مربوط به تیمار I<sub>3</sub> مربوط به ۵۰ درصد نیاز آبی بود. با توجه به جدول ۱۲ بیشترین بهره‌وری آب در دو سال آزمایش در هر کدام از اعماق کارگذاری لوله قطره‌چکان دار به تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی اختصاص یافت. به نظر می‌رسد علی‌رغم کاربرد کمتر حجم آب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، عملکرد حاصل شده از این تیمار باعث بالا رفتن کارایی مصرف آب نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گشته است. تخمین بیشتر حجم آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کاربرد بیشتر آب در این تیمار و عدم افزایش عملکرد نسبت به آب کاربردی بیشتر باعث کاهش بهره‌وری آب در این تیمار گردیده است.



اثر تیمار مقادیر آبیاری در دو سال آزمایش

شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد کلزا حاصل از اثر تیمارهای سطوح مختلف آبیاری در هر دو سال آزمایش

با کاهش مقدار آبیاری از تعداد غلاف‌ها کاسته شده است به طوری که بین تیمارهای ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد نیاز آبی اختلاف ۱۱ درصدی در سال اول و اختلاف ۱۳ درصدی در سال دوم مشاهده گردید. همچنین اختلاف ۶/۵ درصدی در دو سال آزمایش در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده می‌گردد. بین تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی شاهد اختلافی در حدود ۱۶ و ۱۷ درصدی به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بودیم.

جدول ۱۱- میانگین مقادیر آب کاربردی (مترمکعب در هکتار) در تیمارهای مختلف

سال	عمق استقرار لوله قطره‌چکان دار (سانتی‌متر)	۱۰۰ درصد نیاز آبی	۷۵ درصد نیاز آبی	۵۰ درصد نیاز آبی
سال اول (۱۳۹۷-۱۳۹۸)	۳۰	۳۲۰۰	۲۳۰۰	۱۵۵۰
	۴۰	۳۲۰۰	۲۳۰۰	۱۵۵۰
سال دوم (۱۳۹۸-۱۳۹۹)	۳۰	۲۹۰۰	۲۱۰۰	۱۴۰۰
	۴۰	۲۹۰۰	۲۱۰۰	۱۴۰۰

جدول ۱۲- میانگین بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمارهای مختلف

سال	عمق استقرار لوله قطره‌چکان‌دار (سانتی‌متر)	۱۰۰ درصد نیاز آبی	۷۵ درصد نیاز آبی	۵۰ درصد نیاز آبی
سال اول (۱۳۹۷-۱۳۹۸)	۳۰	۰/۸۸	۰/۹۷	۰/۷۵
	۴۰	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۷۲
سال دوم (۱۳۹۸-۱۳۹۹)	۳۰	۰/۹۰	۰/۹۷	۰/۷۸
	۴۰	۰/۹۰	۰/۹۵	۰/۷۶

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی نسبت به دو رژیم دیگر بیشترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کلزا را به خود اختصاص داد؛ اما این برتری سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی در بهره‌وری آب مشاهده نشد. این تیمار از قابلیت بهتری جهت توجیح برخوردار بود. کمتر شدن بهره‌وری آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی را می‌توان به تخمین زیادی نیاز آبی در تیمار ۱۰۰ درصد به علت عدم همخوانی ضریب گیاهی (Kc) گیاه کلزا در منطقه با آنچه که در نشریه فائو برای سایر مناطق آمده است دانست. این مشکل باعث برآورد زیادی در آب کاربردی کلزا گردیده که حجم زیاد آب تأثیری بر افزایش عملکرد محصول نداشته است.

با توجه به این‌که عمق‌های ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متری کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار تأثیر زیادی بر صفات مورد مطالعه نداشتند، قرار دادن لوله‌های آبیاری در عمق ۴۰ سانتی‌متری بهتر است، زیرا می‌توان عملیات شخم را به اعماق گسترش داد. نتایج نشان می‌دهد که تغییر سیستم‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و ترویج و توسعه روش‌های مدرن سازگار با محیط می‌تواند نقش بسزایی در صرفه‌جویی کاربرد آب و افزایش عملکرد داشته باشد.

### منابع

اخوان، ک. ۱۳۹۴. کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم. نشریه فنی، شماره ۸۳.

دهقانی‌سانبج، ح. ۱۳۹۲. گزارش نهایی بررسی بیلان انرژی به‌منظور تبخیر-تعرق گیاه ذرت و اجرای آن در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

دهقانی‌سانبج، ح.، کنعانی، ا.، حمادی، م. ۱۳۹۵. کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و پارامترهای مدیریت آن در زراعت ذرت. مجله مدیریت آب در کشاورزی. ۳ (۲): ۵۲-۳۹.

صداقتی، ن.، حسینی فرد، س. ج. و محمدی محمدآبادی، ا. ۱۳۹۱. مقایسه اثر دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. مجله آب‌و‌خاک ۲۶ (۳): ۵۸۵-۵۷۵.

کوهی چله‌کران، ن.، دهقانی‌سانبج، ح.، علیزاده، ا. و کنعانی، ا. ۱۳۹۹. اثر توأم رژیم‌های آبیاری و کود نیتروژن بر تغییرات رطوبتی خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای با سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ. مجله آب‌و‌خاک مشهد. ۳۳ (۴): ۵۶۳-۵۴۹.

Abuarab, M., Mostafa, E. and Ibrahim, M. 2013. Effect of air injection under subsurface drip irrigation on yield and water use efficiency of corn in a sandy clay loam soil. Journal of advanced research. 4(6):493-499.

Albasha, R., Dejean, C., Mailhol, J.C., Weber, J., Weber, J., Bollègue, c. and Lopez, J.M. 2015. Performances of subsurface drip irrigation for maize under mediterranean and temperate oceanic climate conditions. 26th Euro-mediterranean Regional Conference and Workshops. 12-15 October 2015, Montpellier, France.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. No, 56. FAO, Rome.

- Ayars, J.E., Fulton, A. and Taylor, B. 2015. Subsurface drip irrigation in California-Here to stay?. *Agricultural Water Management*. 157: 39-47
- Bozkurt, S., and Mansoroglu, G. S., 2011. The effects of drip line depths and irrigation levels on yield, quality and water use characteristics of lettuce under greenhouse condition. *African Journal of Biotechnology*. 10(17): 3370-3379
- Cetin, O. and Bilget, L. 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of Cotton. *Agricultural Water Management*. 54: 1-15
- Dos Santos, L. N. S., Matsura, E. E., Goncalves, I. Z., Bardosa, E. A. A., Nazario, A. A., Tuta, N. F., Elaiuy, M. C. L., Feitosa, D. R. C. and De Sousa, A. C. M. 2016. Water storage in the soil profile under subsurface drip irrigation: evaluation two installation depths of emitters and two water qualities. *Agricultural Water Management*. 170: 91-98
- Douh, B. and Boujelben, A. 2011. Effects of surface and subsurface drip irrigation on agronomic parameters of maize (*Zea mays* L.) under Tunisian climatic condition. *Journal of Natural Product and Plant Resources*. 1(3):8-14.
- Kosari, H., Dehghanisani, H., Mirzaei, F. and Liaghat, A.M. 2013. Soil and canopy energy balances in a maize field with subsurface drip irrigation. *IAHS-AISH publication*. 278-282.
- Lamm, F.R. 2016. Cotton, tomato, corn, and onion production with subsurface drip irrigation: A review. *Transactions of the ASABE*. 59(1):263-278.
- Leonardo N.S. dos Santos, Edson E. Matsura, Ivo Z. Goncalves, Eduardo A.A. Barbosa, Aline A. Nazário, Natalia F. Tuta, Marcelo C.L. Elaiuy, Daniel R.C. Feitosa, Allan C.M. de Sousa. 2016. Water storage in the soil profile under subsurface drip irrigation: Evaluating two installation depths of emitters and two water qualities, *Agricultural Water Management*. 170. 91-98.
- Palacios-Díaz, M.P., Mendoza-Grimón, V., Fernández-Vera, J.R., Rodríguez-Rodríguez, F., Tejedor-Junco, M.T. and Hernández-Moreno, J.M. 2009. Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production. *Agricultural water management*. 96(11):1659-1666.
- Sakthivadivel, R., de Fraiture, C., Molden, D.J., Perry C. and Kloezen, W. 1999. Indicators of land and water productivity in irrigated agriculture. *International journal water resources development*. 15: 161-179
- Sander J.Z., and Bastiaanssen W.G.M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*. 69 (2): 115-133.
- Suarez-Ray, E. M., Choi, C. Y., William, B., McCloskey, B and David, M. K. 2006. Effects of chemical on root chemical on root intrusion into subsurface drip emitters. *Irrigation and Drainage*. 55: 501-509
- Uribe, R. A. M., DE C. Gava, G. J., Saad, J. C. C. and Kolln, O. T. 2013. Ratoon sugarcane yield integrated drip irrigation and nitrogen fertilization. *Eng. Agríc., Jaboticabal*. 33 (6):1124-1133.

## Interaction of irrigation regimes and drip-line installation depth on Rapeseed water productivity

N. Kouhi chelleh karan<sup>1\*</sup>, H. Najafi Nejad<sup>2</sup>, E. Kanani<sup>3</sup> and G. Dehghanisanij<sup>4</sup>

### Abstract

The aim of this study was to investigate the interaction of irrigation regimes and drip-line installation depth on Rapeseed water productivity. The experiment was arranged in a split-plot design over randomized complete block design with three irrigation regimes ( $I_1 = 50$ ,  $I_2 = 75$  and  $I_3 = 100\%$   $ET_c$ ) as the main-factor and two drip-line installation depth ( $D_1 = 30$  and  $D_2 = 40$  cm).as sub- factor. The results showed that the effect of different irrigation regimes (I) on all studied traits in Rapeseed (grain yield, 1000-seed weight, number of pods, pod length, number of branches) and water productivity had a significant effect ( $P < 0.01$ ). Increasing the drip-line depth had a negative effect on the Rapeseed yield, yield components and water productivity. So that, the highest amount of each of the mentioned traits was observed at a depth of  $D_1$  (30 cm). The results obtained in both years showed that different irrigation regime treatments had a significant effect on Rapeseed yield.  $I_1$  treatment produced higher yield in comparison to other treatments. Differences of 21 and 59% in the first year and 22 and 58.8% in the second year between  $I_2$  and  $I_3$  treatments with  $I_1$  treatment indicate this superiority. The highest water productivity in each of the drip-line depth was allocated to the  $I_2$  treatment. It seems that despite the lower consumption of water in the  $I_2$  treatment, the performance obtained from this treatment has increased the water productivity compared to the  $I_1$  treatment.

**Keywords:** Deficit Irrigation, Irrigation regime, Rapeseed yield, Subsurface Drip, Water productivity, Water use

<sup>1</sup> Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran. (\*Corresponding Author Email: nakch71@yahoo.com)

<sup>2</sup> Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran

<sup>3</sup> Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

<sup>4</sup> M.Sc. Student in Water Resources Management, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received: 24 December 2020

Accepted: 10 February 2020